

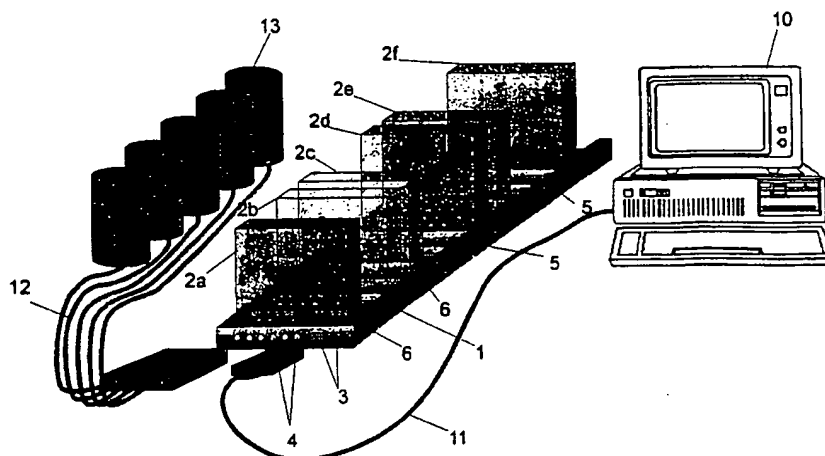
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : <p style="text-align: center; font-weight: bold;">B01J 19/00</p>	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/62919</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Oktober 2000 (26.10.00)		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">                     (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03222                       (22) Internationales Anmeldedatum: 11. April 2000 (11.04.00)                       (30) Prioritätsdaten:                      199 17 398.2      16. April 1999 (16.04.99)      DE                       (71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHWESINGER, Norbert                      [DE/DE]; Sturmheide 10, D-98693 Ilmenau (DE). HEIM,                      Ulf [DE/DE]; Tachover Ring 9, D-07646 Stadtroda (DE).                       (74) Anwalt: ENGEL, Christoph, K.; Engel &amp; Weihrauch, Markt-                      platz 6, D-98527 Suhl (DE).                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">                     (81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, KR, US, europäisches                      Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,                      IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).   <b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.                      Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen                      Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen                      eintreffen.</i> </td> </tr> </table>			(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03222  (22) Internationales Anmeldedatum: 11. April 2000 (11.04.00)  (30) Prioritätsdaten: 199 17 398.2      16. April 1999 (16.04.99)      DE  (71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHWESINGER, Norbert [DE/DE]; Sturmheide 10, D-98693 Ilmenau (DE). HEIM, Ulf [DE/DE]; Tachover Ring 9, D-07646 Stadtroda (DE).  (74) Anwalt: ENGEL, Christoph, K.; Engel & Weihrauch, Markt- platz 6, D-98527 Suhl (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.                      Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen                      Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen                      eintreffen.</i>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03222  (22) Internationales Anmeldedatum: 11. April 2000 (11.04.00)  (30) Prioritätsdaten: 199 17 398.2      16. April 1999 (16.04.99)      DE  (71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHWESINGER, Norbert [DE/DE]; Sturmheide 10, D-98693 Ilmenau (DE). HEIM, Ulf [DE/DE]; Tachover Ring 9, D-07646 Stadtroda (DE).  (74) Anwalt: ENGEL, Christoph, K.; Engel & Weihrauch, Markt- platz 6, D-98527 Suhl (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.                      Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen                      Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen                      eintreffen.</i>			

(54) Title: MODULAR CHEMICAL MICROSYSTEM

(54) Bezeichnung: MODULARES CHEMISCHES MIKROSYSTEM

(57) Abstract

The invention relates to a modular chemical microsystem for carrying out preferably chemical processes. Said modular microsystem consists of at least one coupling bar (1) and a plurality of modules (2). The coupling bar is provided with a plurality of gates (3) that connect the microsystem to a control unit (10) and with a system bus that communicates with the plurality of gates (3) and that transmits control signals within the microsystem. The coupling bar further comprises a plurality of connections (4) for substances that connect the microsystem to a storage and/or collection reservoir and a channel system for said substances that communicates with the plurality of connections (4) and that carries substances within the microsystem. Also provided is a plurality of geometrically defined module interfaces (5) of the same kind that communicate with the system bus and the channel system for the substances. The substances are subject to controlled processes in said modules. The modules have a connecting area (6) that is complementary to the module interfaces (5) and they can be arranged on the at least one coupling bar (1) in random order.



## (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein modulares Mikrosystem zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse, bestehend aus mindestens einer Kopplungsschiene (1) und einer Vielzahl von Modulen (2). Die Kopplungsschiene besitzt eine Vielzahl von Steueranschlüssen (3), die dem Anschluss des Mikrosystems an eine Steuereinheit (10) dienen, einen Systembus, der mit der Vielzahl der Steueranschlüsse (3) kommuniziert und der Übertragung von Steuersignalen innerhalb des Mikrosystems dient, eine Vielzahl von Stoffanschlüssen (4), die dem Anschluss des Mikrosystems an Vorrats- und/oder Sammelbehälter (13) dienen, ein Stoffkanalsystem, welches mit der Vielzahl der Stoffanschlüsse (4) kommuniziert und der Stoffübertragung innerhalb des Mikrosystems dient, und eine Vielzahl von gleichartigen, geometrisch definierten Modulschnittstellen (5), die mit dem Systembus und dem Stoffkanalsystem in Verbindung stehen. In den Modulen unterliegen die Stoffe gesteuerten Prozessen, wobei die Module einen zu den Modulschnittstellen (5) komplementären Anschlussbereich (6) besitzen und in beliebiger Reihenfolge auf der mindestens einen Kopplungsschiene (1) angeordnet werden können.

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Modulares chemisches Mikrosystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein modulares Mikrosystem  
5 zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse.

Im Rahmen der technologischen Entwicklung werden auch an die  
Materialien für neuartige Produkte neue Anforderungen  
gestellt. Um neue Materialien zu entwickeln oder an sich  
10 bekannten Materialien neue Eigenschaften zu geben, ist es im  
Bereich der Chemie häufig erforderlich umfangreiche Versuchs-  
reihen zu fahren, bei denen verschiedene Ausgangssubstanzen  
in verschiedensten Verfahrensschritten miteinander chemische  
Reaktionen ausführen. Derartige Versuchsreihen werden übli-  
15 cherweise in den Laboren der Industrie oder Forschung durch-  
geführt, wobei manuell verschiedene Versuchsaufbauten zum  
Testen unterschiedlicher Prozeßabläufe erstellt werden  
müssen. Die daraus resultierenden Personalkosten bei der  
Entwicklung neuartiger Materialien bzw. Substanzen sind hoch.  
20 Außerdem besteht die Gefahr, daß die Prozesse fehlerbehaftet  
und nicht exakt nachvollziehbar sind, da viele subjektive  
Fehlerquellen vorhanden sind.

Die Herstellung bestimmter Stoffe bzw. Stoffgemische bereitet  
25 auch dort Schwierigkeiten, wo nur geringe Mengen der  
gewünschten Substanz benötigt werden oder wo mit gefährlichen  
Basissubstanzen gearbeitet wird. Chemische Prozesse, die in  
industriellen Großanlagen durchgeführt werden, können relativ  
gut gesteuert werden. Derartige Anlagen können aber nicht  
30 effizient eingesetzt werden, wenn nur geringe Mengen an  
Basissubstanzen verarbeitet werden sollen. Der Aufwand für  
den Aufbau einer geeigneten Industrieanlage wäre zu hoch,  
solange nicht über einen längeren Zeitraum die kontinuierli-

che Produktion größerer Mengen des gewünschten Substrats sichergestellt wird. Von industriellen Großanlagen können bei der Verarbeitung gefährlicher Substanzen auch Risiken für die Bediener der Anlagen oder die Umwelt ausgehen. Diese Risiken werden um so höher, je größer die Mengen der gefährlichen Substanzen sind.

In der Europäischen Patentschrift EP 0 688 242 B1 ist eine integrierte Vorrichtung für chemische Verfahrensschritte beschrieben, die dazu bestimmt ist, innerhalb eines Mikroreaktors eine oder mehrere Operationen mit Sensoren und Steuerelementen für eine spezifische chemische Reaktion auszuführen. Dazu werden mehrere als Reaktionszellen ausgestaltete Plättchen unter Ausbildung mindestens eines dreidimensional gewundenen durchgehenden Kanals hermetisch miteinander verbunden. Dieser Reaktor ist aber nur für die eine vorbestimmte chemische Reaktion verwendbar, da Abwandlungen im Reaktionsablauf nicht vorgenommen werden können. Ebenso wird der Reaktor unbrauchbar, wenn eine einzelne Reaktionszelle im Reaktor defekt ist.

Aus CHEMIE INGENIEUR TECHNIK 69 (1997) S. 623-631 ist eine als MINIPLANT-Technik bezeichnete Gestaltung bekannt, bei der eine Vielzahl an Apparaturen zur Realisierung vielfältiger Verfahrensabläufe bereitgestellt werden. Nachteilig ist dabei der erhebliche Aufwand zur Errichtung der erforderlichen Infrastruktur für eine solche Anlage. Außerdem erweisen sich technische Elemente für große Stoffströme oftmals aufgrund der geringen umzusetzenden Mengen als ungeeignet zum Einsatz in Mikrosystemen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Anordnung zur Verfügung zu stellen, in welcher chemi-

sche, physikalische oder chemisch/physikalische Prozesse ablaufen können, wobei diese Anordnung auf einfache Weise an den gewünschten Prozeßablauf angepaßt und durch ein flexibles Steuerungssystem unterstützt werden kann. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein Mikrosystem zum Zwecke der Herstellung sehr geringer Mengen verschiedenster Substanzen bereitzustellen, wobei die Umrüstung des Mikrosystems abgesehen von dem einfachen Austausch von Modulen auf einer Kopplungsschiene keine Installationsarbeiten erfordert (weder für Stoffverbindungen, noch für elektrische Signalverbindungen).

Diese und weitere Aufgaben werden durch ein modulares Mikrosystem gelöst, welches im Anspruch 1 näher definiert ist.

Erfindungsgemäß besitzt die Kopplungsschiene eine Vielzahl von Modulschnittstellen die gleichartig (geometrisch definiert) aufgebaut sind. Erfindungsgemäß besitzt jedes aus der Vielzahl der Module einen zu den Modulschnittstellen komplementären Anschlußbereich, so daß jedes Modul in beliebiger Reihenfolge auf der mindestens einen Kopplungsschiene angeordnet werden kann, wobei die Module über den Systembus und das Stoffkanalsystem miteinander in Verbindung stehen und wobei sie von der Steuereinheit oder anderen Modulen Steuerungssignale empfangen oder an diese senden und von den Vorrats- oder Sammelbehältern oder anderen Modulen Stoffe empfangen oder an diese abgeben. Die in den Modulen enthaltenen Schaltelemente beeinflussen den Stofffluß innerhalb des Moduls, in Reaktion auf Steuersignale vom Systembus. Solche Schaltelemente können Ventile oder schaltbare Kanalsysteme innerhalb der Module sein.

Mit diesem modularen Mikrosystem steht ein Gerät zur Realisierung chemischer und physikalischer Reaktionen bzw. Prozes-

se bereit, dessen Aufbau flexibel ist und damit die einfache Anpassung an verschiedene Prozeßabläufe ermöglicht. Durch die Definition einer einheitlichen Schnittstelle zwischen verschiedenen Modulen und der Kopplungsschiene ist es  
5 möglich, beliebige Modulkombinationen aufzubauen, und bei der Abwandlung des gewünschten Prozesses einzelne Komponenten einfach auszutauschen. Dazu stellt jedes Modul eine in sich abgeschlossene mehr oder weniger komplizierte Prozeßeinheit dar, in der die zugeführten Stoffe einem gesteuerten Prozeß  
10 unterzogen werden. Solche Prozesse können chemische Reaktionen oder auch physikalische Vorgänge sein, wie beispielsweise eine Oxydation bzw. eine Verdampfung.

Der spezifische interne Aufbau eines beliebigen Moduls ist  
15 für die Erfindung nicht von Bedeutung. Es kommt lediglich darauf an, daß alle Module standardisierte Schnittstellen haben, die eine Anordnung in der Kopplungsschiene und eine zentrale Steuerung ermöglichen. Dies bringt auch den Vorteil mit sich, daß die einzelnen Module jederzeit ausgetauscht  
20 bzw. ersetzt werden können. Die einzelnen Module sind mit Mikrostrukturen ausgestattet, die beispielsweise durch Ätztechniken in Siliziumscheiben ausgebildet werden können. Aus der Halbleiterindustrie sind die Techniken zur Herstellung solcher Strukturen gut bekannt.

25

Eine vorteilhafte Ausführungsform des modularen Mikrosystems zeichnet sich dadurch aus, daß jedes Modul im Anschlußbereich Stoffeingänge, Stoffausgänge, Steuersignaleingänge und Steuersignalausgänge besitzt. Dadurch können die einzelnen Module  
30 sowohl Stoffe empfangen, als auch die Ergebnisse der im Modul abgelaufenen Prozesse in stofflicher Form abgeben. Außerdem lassen sich über die Steuereingänge die Module und die dort ablaufenden Prozesse steuern, und die Steuerausgänge ermögli-

chen die Datenübermittlung an andere Module oder an die zentrale Steuereinheit. So können beispielsweise die Meßergebnisse von in den Modulen angeordneten Sensoren an die Steuereinheit übermittelt werden, wo sie zur weiteren Datenverarbeitung zur Verfügung stehen.

Vorzugsweise werden als Steuersignale elektrische oder optische Signale verwendet, da diesbezüglich ausgereifte Übertragungstechniken zur Verfügung stehen. Es können bei abgewandelten Ausführungsformen aber auch Informationen durch hydraulische oder pneumatische Signale übertragen werden.

Eine besonders zweckmäßige Ausführungsform des modularen Mikrosystems besitzt ein Stoffkanalsystem, welches für die Leitung von fluidischen Stoffen ausgelegt ist. Bei einer abgewandelten Ausführungsform können auch gasförmige Stoffe verarbeitet werden.

Für den dezentralen Einsatz des erfindungsgemäßen Mikrosystems ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit ein Personalcomputer ist. Solche Mikrosysteme können beispielsweise in Laboren oder auch in Apotheken, Drogerien und Reformhäusern zur Erzeugung kleiner Mengen pharmazeutischer Produkte genutzt werden. Durch den Einsatz fertig konfektionierter Module und die komplikationsfreie Anordnung der Module auf der Kopplungsschiene ist kein spezielles Know-how erforderlich, um chemische Prozeßanlagen aufzubauen, mit denen die gewünschten Produkte erzeugt werden können. Die modularen Mikrosysteme können daher direkt dort zum Einsatz kommen, wo das gewünschte Produkt benötigt wird. Bei verderblichen Stoffen ist damit sichergestellt, daß die Herstellung des Stoffes erst zum Zeitpunkt des tatsächlichen Bedarfs erfolgen muß, es ist sogar denkbar, daß derartige Mikrosysteme von bestimmten

Benutzergruppen im Wohnbereich eingesetzt werden, beispielsweise um benötigte Medikamente jederzeit frisch zuzubereiten. Wenn in diesen Fällen die Steuerung über einen gewöhnlichen Personalcomputer erfolgt, der an den meisten denkbaren  
5 Einsatzpunkten des erfindungsgemäßen Mikrosystems zur Verfügung steht, reduziert sich der notwendige Aufwand für die Gesamtanlage weiter.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform können in dem Mikrosystem kontinuierliche chemische Reaktionen ablaufen. Die  
10 einzelnen dabei erforderlichen Prozeßschritte werden in den jeweiligen Modulen ausgeführt. Die Modulzusammenstellung auf der Kopplungsschiene erfolgt im Baukastenprinzip, wobei die einzelnen Schritte einer gewünschten Reaktion nacheinander in  
15 einzelnen Modulen ablaufen. Somit ist es mit dem erfindungsgemäßen Mikrosystem möglich, beliebige chemische Reaktionen im Mikromaßstab ablaufen zu lassen. Die Kontrolle dieser Reaktionen erfolgt wiederum vermittelt über die Kontrolle der Einzelmodule durch eine zentrale Steuereinheit.

20 Bei abgewandelten Ausführungsformen des modularen Mikrosystems können auch mehrere Kopplungsschienen eingesetzt werden, wobei vorzugsweise gleichartige Kopplungsschienen verwendet werden. Die Modulschnittstellen setzen besondere  
25 Stecksysteme ein, wie sie aus dem Stand der Technik für den Aufbau von Kanalsystemen an sich bekannt sind.

Als Module für das Mikrosystem kommen beispielsweise Mikromischer, Mikropumpen, Mikroventile, Mikroreaktoren, Mikroverweiler, Mikroheizer, Mikro Kühler, Mikroseparatorn, Mikroextraktoren, Mikroverzweiger, Mikroverdunster, Mikroverdampfer  
30 und/oder Mikrosensoren zum Einsatz. Durch die Anwendung von Technologien der Mikrosystemtechnik innerhalb der einzelnen



Module ist es mit dem modularen Mikrosystem auch möglich, kleinste Mengen von Chemikalien zu behandeln und zu neuen Stoffen bzw. Stoffgemischen zusammenzusetzen. Die Möglichkeit, mit sehr kleinen Stoffmengen zu arbeiten, bringt außerdem den Vorteil mit sich, daß überlicherweise schwer beherrschbare chemische Reaktionen besser kontrollierbar werden und ein mögliches Gefahrenpotential deutlich reduziert wird. Nicht zuletzt reduzieren sich die Abfallmengen und die daraus entstehenden Fertigungskosten.

10

Das erfindungsgemäße modulare Mikrosystem eröffnet die Möglichkeit, mit geringem Aufwand Prozeßparameter in definierten Reaktionen zu optimieren, da die einzelnen Parameter durch die zentrale Steuereinheit innerhalb einer vorgegebenen Versuchsreihe automatisch verändert bzw. angepaßt werden können. Theoretisch prognostizierte Reaktionen können mit dem Mikrosystem im kontinuierlichen Betrieb verifiziert werden. Vor dem Aufbau industrieller Großanlagen können mit dem modularen Mikrosystem alle Reaktionen in einer miniaturisierten Anlage getestet werden, so daß zum Beispiel auch Skalierungsregeln für Massenprodukte entwickelt werden können. Da die Steuerung des modularen Mikrosystems von einer zentralen Steuereinheit erfolgt und die Datenübertragung zwischen der Steuereinheit und den einzelnen Modulen durch elektrische Signale vorgenommen werden kann, kann die Steuereinheit auch räumlich getrennt von dem eigentlichen Mikrosystem positioniert werden. Ebenso können die Steuerdaten zwischen verschiedenen Steuereinheiten ausgetauscht werden.

30 Bei den Modulen des vorliegenden Mikrosystems handelt es sich im Gegensatz zum Stand der Technik um abgeschlossene, also voll funktionsfähige Prozeßeinheiten, in welchen die zugeführten Stoffe einem zentral gesteuerten Prozeß unterliegen.

Erfindungsgemäß weist jedes einzelne Modul einen zu den Modulschnittstellen komplementären Anschlußbereich für die Stoff- und Signalübertragung auf, wobei die Bauform dieses Anschlußbereiches bei allen Modulen identisch ist. Bei  
5 Einnahme eines beliebigen Platzes auf der Kopplungsschiene wird die Verbindung jedes Moduls mit dem Stoffkanalsystem, dem Systembus und den anderen Modulen sichergestellt. Damit wird eine erhebliche Flexibilität des Systems erreicht und der Nachteil des begrenzten Anwendungsbereiches, den die  
10 bekannten automatisierten Systeme aufweisen, überwunden.

Ein wesentlicher Vorteil des vorliegenden modularen Mikrosystems besteht somit in der komplikationsfreien und schnellen Anordnung der Module in beliebig wählbarer Reihenfolge,  
15 so daß Prozeßabläufe ohne spezielles Know-how realisiert werden können. Damit kann es sogar Nicht-Fachleuten ermöglicht werden, spezielle Prozesse praktisch nachzuvollziehen, wenn Ihnen eine Anweisung zur Anordnung vorhandener Module und eine angepaßte Steuersoftware bereitgestellt wird.  
20 Weiterhin wird ein flexibles System zur Verarbeitung sehr kleiner Stoffmengen bereitgestellt, wie es für die Erprobung und Verifizierung von theoretisch prognostizierten Reaktionen, die Optimierung von Prozeßparametern sowie für das Stoffscreening gefordert wird. Ebenso ist eine bedarfsabhängige  
25 industrielle Herstellung kleiner Stoffmengen möglich.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme  
30 auf die Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines modularen Mikrosystems mit einem Personalcomputer als Steuereinheit;

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung vernetzter Labore, jeweils mit einem modularen Mikrosystem;

- 5 Fig. 3 eine Prinzipdarstellung eines weltweiten Netzwerkes, bestehend aus mehreren modularen Mikrosystemen.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines modularen Mikrosystems, welches eine Kopplungsschiene 1 und eine Vielzahl von Modulen 2 (hier dargestellt Module 2a - 2f) umfaßt. Die Kopplungsschiene 1 besitzt eine Vielzahl elektrischer Anschlüsse 3 und eine Vielzahl von Stoffanschlüssen 4. Außerdem stellt die Kopplungsschiene 1 einen mechanischen Rahmen zur Verfügung, in welchem eine Vielzahl von gleichartigen, geometrisch und elektrisch definierten Modulschnittstellen 5 vorgesehen sind.

Die Module 2 besitzen im gezeigten Beispiel an ihrer Unterseite jeweils einen Anschlußbereich 6 der komplementär zu den Modulschnittstellen 5 ausgebildet ist. Es kommen spezielle Stecksysteme zum Einsatz, die als solche aber bekannt sind und daher nicht näher erläutert werden. Bei anderen Ausführungsformen kann der Anschlußbereich auch an einer beliebigen anderen Stelle des Moduls angeordnet werden, wenn dies für den speziellen Einsatzfall zweckmäßig ist. Die Steueranschlüsse 3 können als elektrische Anschlüsse oder auch als Anschlüsse für die Übertragung optischer Signale ausgebildet sein. Die Steueranschlüsse 3 sind mit einem Systembus verbunden, der die anliegenden Steuersignale zu den Modulschnittstellen 5 und von dort aus in die eingesteckten Module 2 in deren Anschlußbereich 6 überträgt. Der Anschlußbereich 6 der Module stellt auch einen Übergangsbereich für vorzugsweise fluidi-

sche Stoffe bereit, so daß die an den Stoffanschlüssen 4 zugeführten Basissubstanzen über ein Stoffkanalsystem innerhalb der Kopplungsschiene 1, vermittelt über die Modulschnittstellen 5, in die einzelnen Module 2 einströmen können. Das entsprechende Stoffkanalsystem kann in einem einfachen Fall durch Schläuche oder Rohre gebildet sein. Die zu verwendenden Materialien hängen von den zu transportierenden Substanzen ab. Da eine Vielzahl von Stoffanschlüssen 4 zur Verfügung steht, können auf einzelnen Abschnitten des Stoffkanalsystems die Basissubstanzen transportiert werden, während auf anderen Abschnitten des Kanalsystems die Zwischenprodukte von einem Modul zu einem nachfolgenden Modul transportiert werden und auf einem dritten Abschnitt des Kanalsystems die gewünschten Endprodukte wiederum zu den Stoffanschlüssen 4 geführt werden. Sämtliche chemische und physikalische Reaktionen und Prozeßschritte werden innerhalb eines oder mehrerer an den speziellen Prozeßschritt angepaßten Module ausgeführt.

Als Module kommen Mikrosysteme zum Einsatz, wie sie beispielhaft in der Beschreibungseinleitung aufgeführt wurden. Zum besseren Verständnis eines solchen Mikromoduls wird ergänzend auf die Deutsche Patentanmeldung DE 198 55 256. 4 verwiesen, in der ein Mikroseparator beschrieben ist, der in seinem äußerem Aufbau ohne weitere Schwierigkeiten in Form eines solchen Moduls konfektioniert werden könnte.

In der Fig. 1 ist weiterhin ein Personalcomputer 10 dargestellt, der als zentrale Steuereinheit für das Mikrosystem arbeitet. Der Personalcomputer 10 ist über eine geeignete Verbindungsleitung 11 mit den Steueranschlüssen 3 verbunden. Über die Steueranschlüsse werden sämtliche Steuerinformationen an die einzelnen Module 2 übermittelt, so daß der Prozeß-

ablauf allein durch Änderung der entsprechenden Steuerinformationen beeinflussbar ist. Größere Änderungen in der gewünschten Reaktionsfolge können durch Umsortierung oder Austausch der einzelnen Module erreicht werden.

5

Es sind auch Stofftransportleitungen 12 vorgesehen, die die Stoffanschlüsse 4 mit entsprechenden Vorrats- oder Sammelbehältern 13 verbinden. Über die Stofftransportleitungen 12 strömen die fluidischen Ausgangssubstanzen zu den Modulen 2 und die Endsubstanzen werden von den Modulen über die Stofftransportleitungen 12 in die Sammelbehälter 13 eingespeist.

In einer Prinzipdarstellung ist in Fig. 2 eine Verknüpfung von zwei modularen Mikrosystemen zu einem Labornetzwerk gezeigt. In einem ersten Labor ist wiederum ein aus der Kopplungsschiene 1 und einer Vielzahl von Modulen 2 bestehendes Mikrosystem aufgebaut. Dieses Mikrosystem wird von dem Personalcomputer 10 gesteuert. In einem zweiten Labor befindet sich eine zweite Kopplungsschiene 101 mit zweiten Modulen 102. Das so aufgebaute zweite Mikrosystem wird von einem zweiten Personalcomputer 110 gesteuert. Die beiden Personalcomputer 10 und 110, die die Steuereinheiten für die beiden Mikrosysteme darstellen, sind über ein internes Datennetz 20 verbunden. Auf diese Weise können beispielsweise in verschiedenen Laboren parallele Versuchsreihen durchgeführt werden, die eine sofortige Verifizierung von Versuchsergebnissen ermöglichen. Es ist auch möglich, nach Abschluß einer entsprechenden Reaktion im ersten Labor, die Daten zur Steuerung des Mikrosystems an das zweite Labor zu übertragen, um dort gegebenenfalls mit anderen Ausgangssubstanzen, die im ersten Labor nicht zur Verfügung stehen, den Prozeß in abgewandelter Weise zu wiederholen.

Fig. 3 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein globales Netzwerk, in welchem mehrere modulare Mikrosysteme integriert sind. Jede Einheit umfaßt ein modulares Mikrosystem, wiederum aus der Kopplungsschiene 1 und den Modulen 2 bestehend, die von der Steuereinheit 10 gesteuert werden. Der Datenaustausch erfolgt wiederum zwischen den einzelnen Steuereinheiten, wobei es auf die Art und Weise der Datenübertragung nicht ankommt. Einmal erfolgreich durchgeführte chemische Reaktionen können auf diese Weise innerhalb kürzester Zeit an entfernten Orten nachvollzogen werden. Dafür ist es ausreichend, wenn dieselben Ausgangssubstanzen zur Verfügung stehen, gleichartige Module verwendet werden und von der jeweiligen Steuereinheit ein und dasselbe Steuerprogramm abgearbeitet wird.

15

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des erfindungsgemäßen modularen Mikrosystems sind letztlich nur durch die zur Verfügung stehenden Einzelmodule mit ihren speziellen Gestaltungen begrenzt. Solche Einzelmodule können auch von verschiedenen spezialisierten Herstellern bereitgestellt werden, solange sie die standardisierten Anforderungen an die Modulschnittstellen und die komplementären Anschlußbereiche erfüllen. Auch die Steuerung dieser Module läßt sich weitgehend vereinfachen, wenn zu jedem einzelnen Modul eine bestimmte Routine zur Verfügung steht, mit welcher sämtliche Funktionen des Moduls angesteuert werden können und die sich in eine komplexes Steuerprogramm ohne weiteres integrieren läßt. Es ist wiederum ausreichend, wenn die Schnittstellen zwischen diesen Steuerroutinen standardisiert sind.

30

Neue Patentansprüche:

1. Modulares Mikrosystem zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse, umfassend
- 5     ♦ mindestens eine Kopplungsschiene (1) mit;
- einer Vielzahl von Steueranschlüssen (3), die dem Anschluß des Mikrosystems an eine Steuereinheit (10) dienen;
- einem Systembus, der mit der Vielzahl der Steueranschlüsse (3) kommuniziert und der Übertragung von Steuersignalen innerhalb des Mikrosystems dient;
- 10     ▪ einer Vielzahl von Stoffanschlüssen (4), die dem Anschluß des Mikrosystems an Vorrats- und/oder Sammelbehälter (13) dienen;
- 15     ▪ einem Stoffkanalsystem, welches mit der Vielzahl der Stoffanschlüsse (4) kommuniziert und der Stoffübertragung innerhalb des Mikrosystems dient; und
- einer Vielzahl von gleichartigen, hinsichtlich ihrer Geometrie sowie der Art der transferierbaren Steuersignale und Stoffe definierten Modulschnittstellen
- 20     (5), die mit dem Systembus und dem Stoffkanalsystem in Verbindung stehen; und
- ♦ eine Vielzahl von Modulen (2), in denen die Stoffe vorwiegend kontinuierlich gesteuerten Prozessen unterliegen, wobei die Module einen zu den Modulschnittstellen (5) komplementären Anschlußbereich (6) besitzen und in beliebig wählbarer Reihenfolge und entsprechend des gewünschten Prozeßablaufs auf der mindestens einen Kopplungsschiene (1) angeordnet werden können, so daß sie
- 25     über den Systembus und das Stoffkanalsystem miteinander in Verbindung stehen, wobei sie von der Steuereinheit (10) oder anderen Modulen (2) Steuersignale empfangen oder an diese senden und von den Vorrats- oder Sammelbehältern (12) oder anderen Modulen (2) Stoffe empfangen
- 30

oder an diese abgeben, und wobei zumindest in einigen der Module (2) Schaltelemente vorhanden sind, die in Reaktion auf Steuersignale vom Systembus den Stofffluß innerhalb dieses Moduls beeinflussen.

5

2. Modulares Mikrosystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Modul (2) im Anschlußbereich (6) Stoffeingänge, Stoffausgänge, Steuersignaleingänge und Steuersignalausgänge besitzt.

10

3. Modulares Mikrosystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Stoffkanalsystem für die Leitung von fluidischen Stoffen ausgelegt ist.

15 4. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (10) ein Personalcomputer ist.

20 5. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Mikrosystem kontinuierliche chemische Reaktionen ablaufen können.

25 6. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuersignale elektrische Signale sind.

7. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuersignale optische Signale sind.

30

8. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es mehrere Kopplungsschienen (1) umfaßt.



9. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß es eines oder mehrere der  
folgenden Module (2) umfaßt:

- Mikromischer,
- 5     ▪ Mikropumpen,
- Mikroventile,
- Mikroreaktoren,
- Mikroverweiler,
- Mikroheizer,
- 10    ▪ Mikrokühler,
- Mikroseparatoren,
- Mikroextraktoren,
- Mikroverzweiger,
- Mikroverdunster,
- 15    ▪ Mikroverdampfer und
- Mikrosensoren.

Fig. 1

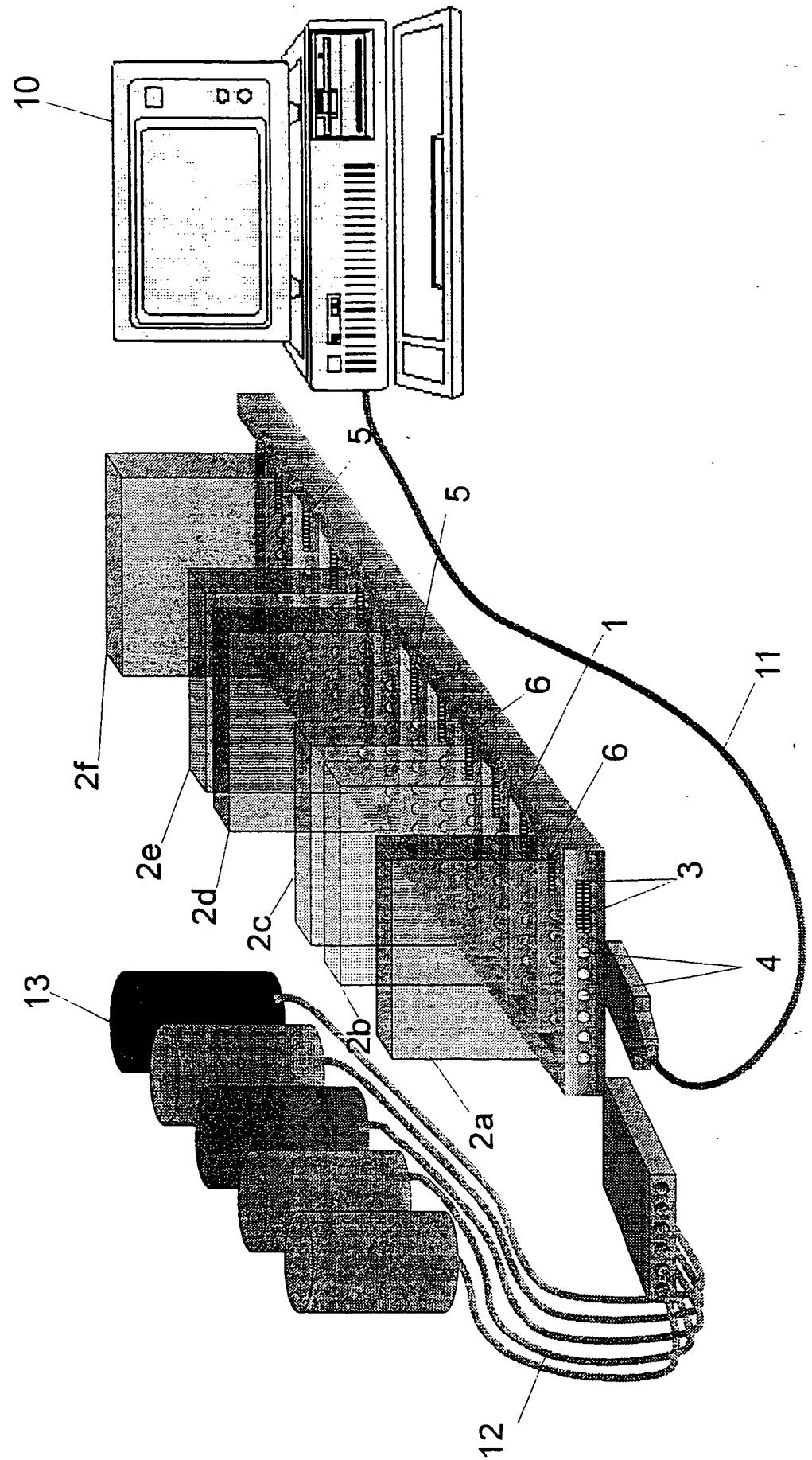
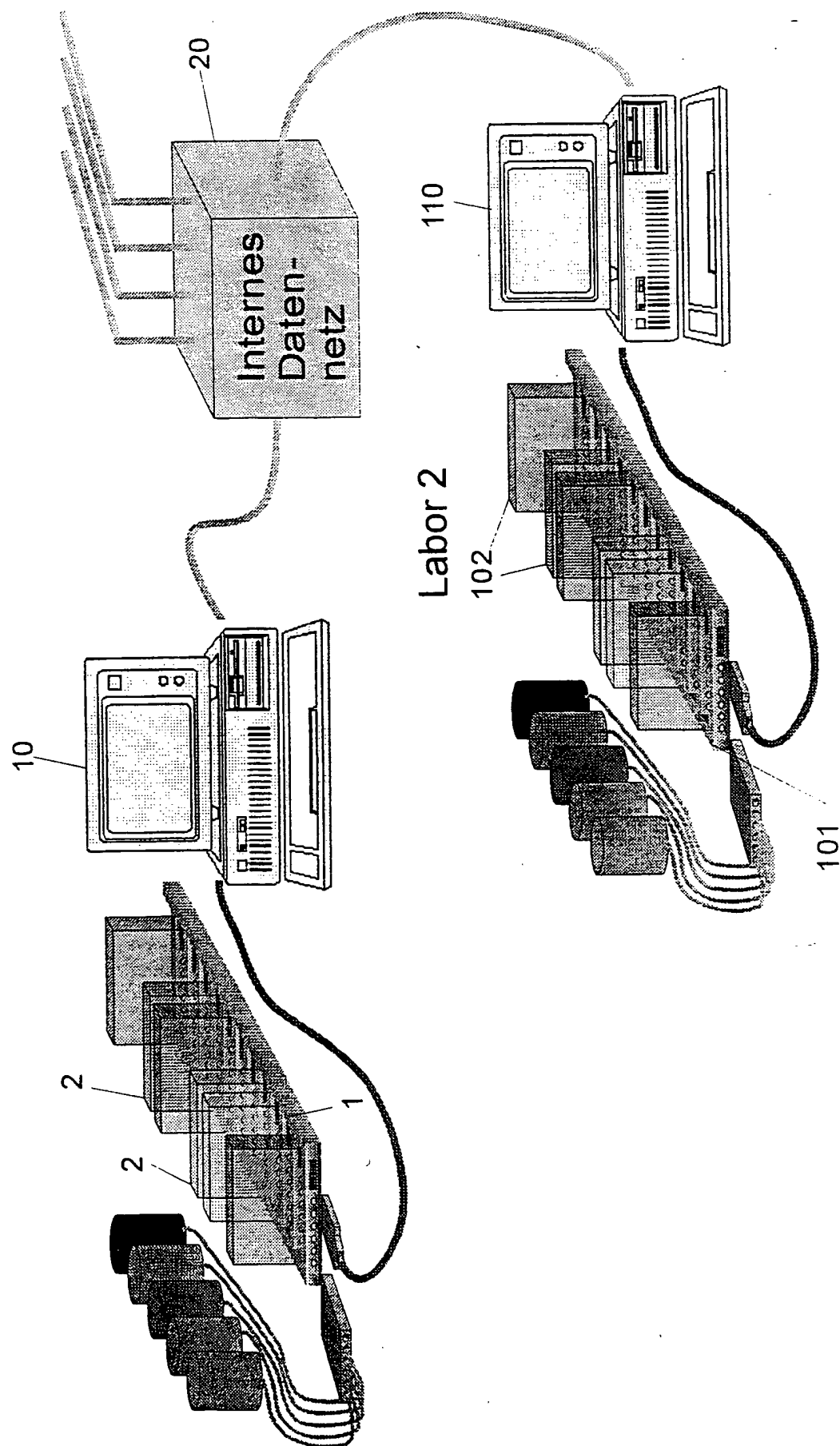


Fig. 2



3 / 3

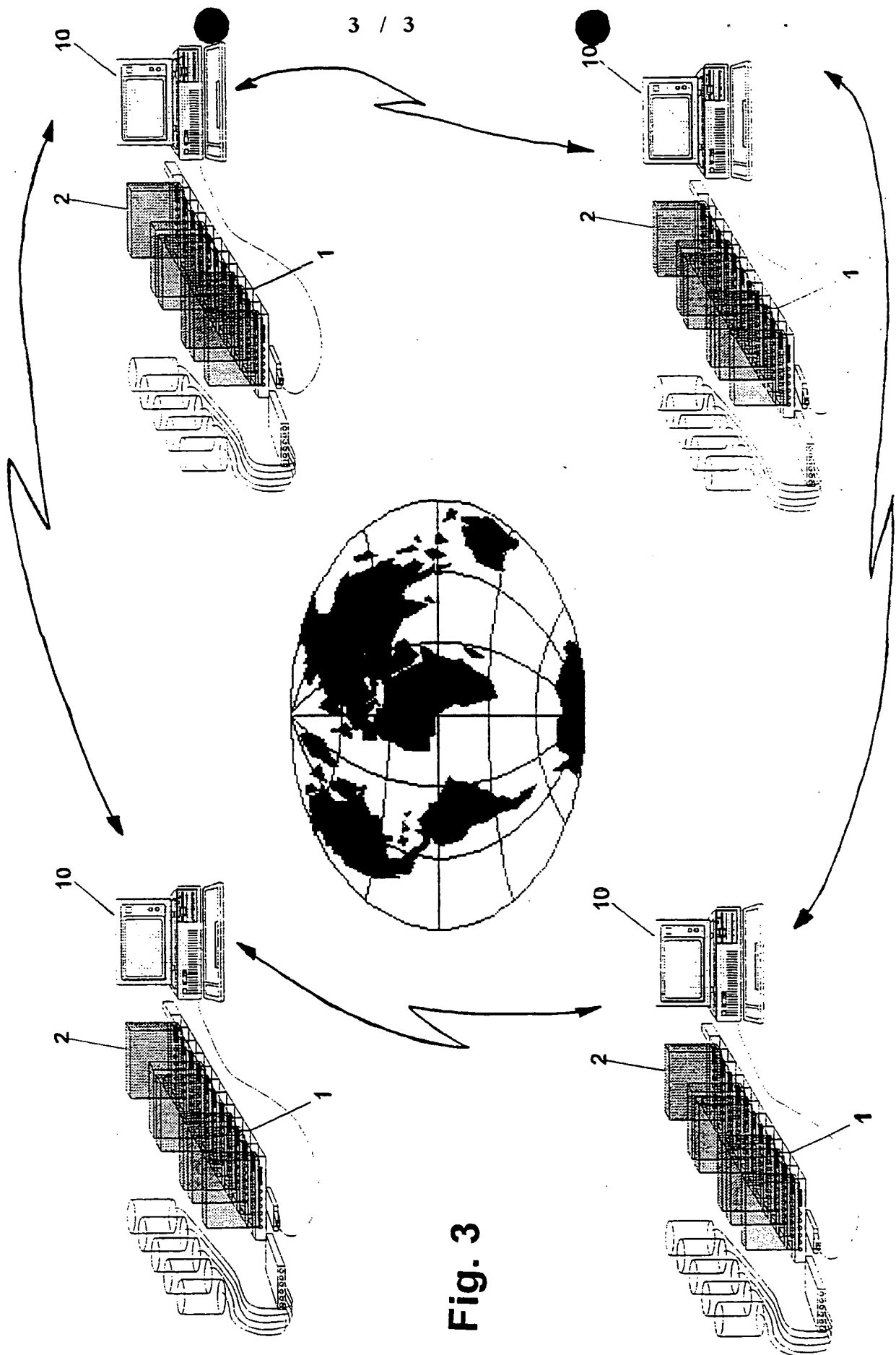


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

T/EP 00/03222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B01J19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 580 523 A (BARD ALLEN J) 3 December 1996 (1996-12-03) column 4, line 21 -column 7, line 20 claims 5-11 ---	1-5, 9
X	US 5 519 635 A (MIYAKE RYO, ISHII MASAHARU, ENOKI HIDEO ET AL) 21 May 1996 (1996-05-21) the whole document ---	1-4, 6, 7, 9
X	WO 98 38487 A (POURAHMADI FARZAD ; CEPHEID (US); YUAN ROBERT (US); CHANG RONALD (U) 3 September 1998 (1998-09-03) claims 52-65 --- -/--	1-3, 6, 7, 9



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2000

Date of mailing of the international search report

13/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vlassis, M

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EHRFELD W ET AL: "REAKTION IM KLEINEN" CHEMIE. INGENIEUR. TECHNIK, DE, VERLAG CHEMIE GMBH. WEINHEIM, vol. 71, no. 3, March 1999 (1999-03), pages 26-27, XP000831242 ISSN: 0009-286X the whole document ---	1,3,5,9
A	RUSSOW KATHARINA, RICHTER THOMAS: "Microreactors-New Applications for Microfluidic Devices" LIGA NEWS , 'Online! no. 4, April 1996 (1996-04), XP002146313 Retrieved from the Internet: <URL:http://www.imm.uni-mainz.de/LNews/LNews_4/mire.html> 'retrieved on 2000-08-21! the whole document ---	1-3,6,7, 9
P,A	DE 197 46 585 A (MERCK PATENT GMBH) 29 April 1999 (1999-04-29) the whole document -----	1,3,6,7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

NO/EP 00/03222

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5580523	A	03-12-1996	AU 708281 B	29-07-1999
			AU 2200195 A	23-10-1995
			CA 2186896 A	12-10-1995
			EP 0754084 A	22-01-1997
			JP 10501167 T	03-02-1998
			WO 9526796 A	12-10-1995
US 5519635	A	21-05-1996	JP 2948069 B	13-09-1999
			JP 7083935 A	31-03-1995
WO 9838487	A	03-09-1998	US 5958349 A	28-09-1999
			AU 6343398 A	18-09-1998
			EP 0963545 A	15-12-1999
DE 19746585	A	29-04-1999	WO 9920906 A	29-04-1999
			EP 1025367 A	09-08-2000

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 B01J19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

 Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 B01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, CHEM ABS Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 580 523 A (BARD ALLEN J) 3. Dezember 1996 (1996-12-03) Spalte 4, Zeile 21 - Spalte 7, Zeile 20 Ansprüche 5-11 ---	1-5,9
X	US 5 519 635 A (MIYAKE RYO, ISHII MASAHARU, ENOKI HIDEO ET AL) 21. Mai 1996 (1996-05-21) das ganze Dokument ---	1-4,6,7, 9
X	WO 98 38487 A (POURAHMADI FARZAD ; CEPHEID (US); YUAN ROBERT (US); CHANG RONALD (U) 3. September 1998 (1998-09-03) Ansprüche 52-65 ---	1-3,6,7, 9
	---	
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. August 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/09/2000

 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vlassis, M



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EHRFELD W ET AL: "REAKTION IM KLEINEN" CHEMIE. INGENIEUR. TECHNIK, DE, VERLAG CHEMIE GMBH. WEINHEIM, Bd. 71, Nr. 3, März 1999 (1999-03), Seiten 26-27, XP000831242 ISSN: 0009-286X das ganze Dokument	1,3,5,9
A	RUSSOW KATHARINA, RICHTER THOMAS: "Microreactors-New Applications for Microfluidic Devices" LIGA NEWS, 'Online! Nr. 4, April 1996 (1996-04), XP002146313 Gefunden im Internet: <URL:http://www.imm.uni-mainz.de/LNews/LNews_4/mire.html> 'gefunden am 2000-08-21! das ganze Dokument	1-3,6,7, 9
P,A	DE 197 46 585 A (MERCK PATENT GMBH) 29. April 1999 (1999-04-29) das ganze Dokument	1,3,6,7

# INTERNATIONALEI RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

In. .tionales Aktenzeichen

CT/EP 00/03222 -

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5580523	A	03-12-1996	AU	708281 B	29-07-1999
			AU	2200195 A	23-10-1995
			CA	2186896 A	12-10-1995
			EP	0754084 A	22-01-1997
			JP	10501167 T	03-02-1998
			WO	9526796 A	12-10-1995
-----					
US 5519635	A	21-05-1996	JP	2948069 B	13-09-1999
			JP	7083935 A	31-03-1995
-----					
WO 9838487	A	03-09-1998	US	5958349 A	28-09-1999
			AU	6343398 A	18-09-1998
			EP	0963545 A	15-12-1999
-----					
DE 19746585	A	29-04-1999	WO	9920906 A	29-04-1999
			EP	1025367 A	09-08-2000
-----					